

①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

①2 Offenlegungsschrift  
①1 DE 3307070 A1

⑤1 Int. Cl. 3:  
F01L 9/04

②1 Aktenzeichen: P 33 07 070.9  
②2 Anmeldetag: 1. 3. 83  
④3 Offenlegungstag: 6. 9. 84

DE 3307070 A1

⑦1 Anmelder:

FEV Forschungsgesellschaft für Energietechnik und  
Verbrennungsmotoren mbH, 5100 Aachen, DE

⑦2 Erfinder:

Pischinger, Franz, Prof. Dr.techn.; Kreuter, Peter,  
Dipl.-Ing., 5100 Aachen, DE

Bibliothek  
~~Bur.~~ Ind. Eigendom  
16 OKT. 1984

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Verfahren zum Starten von Stelleinrichtungen für Verdrängermaschinen

Bei einem Verfahren zum Starten von Stelleinrichtungen für Verdrängermaschinen, insbesondere für die Ventile quantitätsgeregelter Brennkraftmaschinen mit innerer Verbrennung, die in mindestens zwei Endpositionen gehalten werden können, werden bei Ausbildung einer Stelleinrichtung als schwingungsfähiges Feder-Masse-System periodische Kraftwirkungen oder Weganregungen auf das in Ausgangslage bzw. statischer Ruhelage befindliche Feder-Masse-System ausgeübt, deren Impulscharakteristika oder Frequenz nahe oder gleich der Eigenfrequenz dieses Systems liegen, so daß die Stelleinrichtung zu Schwingungen mit zunehmender Amplitude angeregt und dadurch in die betriebsbereite Position geführt wird.

DE 3307070 A1

COPY |

DR.-ING. FRIEDRICH B. FISCHER  
PATENTANWALT

01.03.81 3307070  
5000 KÖLN 50  
SAAKSTRASSE 71

P 8381  
Dr.F/Wi

FEV  
Forschungsgesellschaft für Energietechnik und  
Verbrennungsmotoren mbH  
Augustinergasse 2  
5100 Aachen

Verfahren zum Starten von Stelleinrichtungen  
für Verdrängermaschinen

Ansprüche

1. Verfahren zum Starten von Stelleinrichtungen für Verdrängermaschinen, insbesondere für die Ventile quantitativ geregelter Brennkraftmaschinen mit innerer Verbrennung, die in mindestens zwei Endpositionen gehalten werden können, dadurch gekennzeichnet, daß bei Ausbildung einer Stelleinrichtung als schwingungsfähiges Feder-Masse-System periodische Kraftwirkungen oder Weganregungen auf das in Ausgangslage bzw. statischer Ruhelage befindliche Feder-Masse-System ausgeübt werden, deren Impulscharakteristika oder Frequenz nahe oder gleich der Eigenfrequenz dieses Systems liegen, so daß die Stelleinrichtung zu Schwingungen mit zunehmender Amplitude angeregt und dadurch in die betriebsbereite Position geführt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Impulscharakteristika oder Frequenz der periodischen Kraftwirkungen oder Weganregungen zunächst von der Eigenfrequenz des schwingungsfähigen Systems entfernt sind und ihr während des Startvorgangs genähert werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß beim Starten elektromagnetisch arbeitender Stelleinrichtungen, die in mindestens zwei Endpositionen durch Elektromagnete gehalten werden können, periodische elektro-

COPY

01.03.88

3307070

- 2 -

magnetische Kraftwirkungen oder Weganregungen auf das schwingungsfähige Feder-Masse-System ausgeübt werden.

4. Verfahren nach Anspruch 3,  
dadurch gekennzeichnet, daß periodische Kraftwirkungen von einem der Elektromagneten ausgeübt werden, wobei der andere Magnet bzw. die anderen Magneten erregt oder nicht erregt sind.
5. Verfahren nach Anspruch 3,  
dadurch gekennzeichnet, daß periodische Kraftwirkungen von zwei oder mehr der Elektromagneten ausgeübt werden, wobei eventuell vorhandene weitere Elektromagnete erregt oder nicht erregt sind.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 5,  
dadurch gekennzeichnet, daß eine für die jeweilige Stelleinrichtung zum Erreichen der maximalen Schwingungsamplitude ausreichende Anzahl von periodischen Kraftwirkungen oder Weganregungen auf das schwingungsfähige System ausgeübt werden und anschließend das System in einer der Endpositionen festgehalten wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 - 6,  
dadurch gekennzeichnet, daß der Stromverlauf der elektrischen Erregung der periodischen Krafteinwirkung als Kriterium des Bewegungszustandes des schwingungsfähigen Systems messend verfolgt wird, um logische Entscheidungen für das Festhalten der Stelleinrichtung in einer der Endpositionen zu treffen.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 7,  
dadurch gekennzeichnet, daß zur Inbetriebnahme von zwei oder mehr Stelleinrichtungen bei bewegten Verdrängerkörpern bzw. Kolben der Verdrängermaschine zunächst eine Stelleinrichtung durch periodische Kraftwirkungen oder Weganregungen in die betriebsbereite Position versetzt wird, während die anderen in Ausgangslage bzw. statischer Ruhelage bleiben, und anschließend weitere bzw. die weiteren Stelleinrichtungen in die betriebsbereite Position versetzt werden.
9. Verfahren nach Anspruch 8,  
dadurch gekennzeichnet, daß die bereits in betriebsbereiter Position befindliche(n) Stelleinrichtung(en) in der Position für

01.03.83

3307070

- 3 -

die geöffnete Stellung der Öffnenden bzw. schließenden Einrichtung der Verdrängermaschine gehalten wird, bzw. werden.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 8, dadurch gekennzeichnet, daß bei einer Verdrängermaschine die Öffnenden bzw. schließenden Einrichtungen im Ruhezustand sich in der statischen Ruhelage zwischen den Endpositionen in halbgeöffneter Lage befinden und in diesem Zustand ein Sperrelement im Ansaug- und/oder Ausschubsystem so gesteuert wird, daß es schließt.
11. Verfahren zur Inbetriebnahme von Maschinen, bei denen wenigstens ein Funktionselement gegenüber entgegenwirkenden federnden Mitteln in wenigstens zwei Endpositionen bewegt wird, dadurch gekennzeichnet, daß das Funktionselement als Teil eines schwingungsfähigen Feder-Masse-Systems ausgebildet ist und auf dieses System aus der anfänglichen Ausgangslage bzw. statischen Ruhelage Kraftwirkungen oder Weganregungen ausgeübt werden, deren Impulscharakteristika oder Frequenz nahe oder gleich der Eigenfrequenz des schwingungsfähigen Systems liegen.
12. Einrichtung zur Ausübung der Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 11, gekennzeichnet durch einen mit einer Öffnenden bzw. schließenden Einrichtung einer Verdrängermaschine, z.B. einem Ventil, einem Schieber o.dgl., verbundenen Anker, der gegen die Wirkung federnder Mittel von Elektromagneten bei geeigneter Erregung eines oder mehrerer Elektromagneten angezogen wird, und einen oder mehrere Impulsgeber zur Versorgung des bzw. der Elektromagneten mit elektrischer Energie im Sinne einer periodischen, der Eigenfrequenz des schwingenden Systems angepaßten Kraftwirkung.

### Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Starten elektromagnetisch arbeitender Stelleinrichtungen für Verdrängermaschinen gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Derartige Stelleinrichtungen sind insbesondere zur Betätigung von Ventilen und Schiebern für Verbrennungskraftmaschinen und anderen Verdrängermaschinen geeignet. Sie bieten die Möglichkeit, daß die Verweildauer in den Schaltpositionen durch beliebige Erregungsdauer der Elektromagnete gesteuert werden kann.

Bei Maschinen dieser Art tritt die Schwierigkeit auf, daß der Startvorgang der Stelleinrichtungen, die relativ große Hübe bei gleichzeitig hoher Schaltfrequenz ausführen müssen, nur durch besondere Maßnahmen zu realisieren ist.

Bei dem Gegenstand der DE-OS 23 35 150 soll dieses Problem durch die Ausbildung von zwei Magneten als Tauchankermagnete gelöst werden, wodurch sich eine schwere Bauform mit relativ geringen wirksamen magnetischen Kräften je Masseneinheit der Anker ergibt, so daß nur relativ niedrige Schaltfrequenzen erreichbar sind. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, den Startvorgang durch sehr hohe Stromstärken zu vollziehen. Dies bedingt jedoch sehr hohe Spannungen für den Startvorgang, die weit über den normalen Betriebsspannungen liegen. Die Anwendung einer sehr hohen Spannung sowohl für den Startvorgang als auch für den Betrieb verlangt eine Begrenzung der Betriebsstromstärke durch einen Vorschaltwiderstand. Dadurch ergeben sich hohe Leistungsverluste im Betrieb. Gemäß DE-OS 30 24 109 wird der Startvorgang durch eine zusätzliche Vorspanneinrichtung erreicht.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, den Startvorgang ohne Verwendung zusätzlicher Maßnahmen der beschriebenen Art und ohne Begrenzung des Arbeitshubes und der erreichbaren Schaltfrequenzen zu ermöglichen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die im kennzeichnenden Teil des Anspruchs 1 beschriebenen Merkmale gelöst. Das Feder-Masse-System wird dabei durch periodisch wechselnde Krafteinwirkung mit einer Frequenz in der Nähe der Eigenfrequenz des Feder-Masse-Systems zu Schwingungen mit zunehmender Amplitude angeregt, bis die Auslenkung aus der statischen Ruhelage derart groß ist, daß mindestens einer der Elektromagnete in der Lage ist, das Feder-Masse-System in einer der Schaltpositionen zu halten, womit der betriebsbereite Zustand der Stelleinrichtung erreicht ist.

Um den Startvorgang erfolgreich abzuschließen, kommen im Rahmen der Erfindung mehrere Möglichkeiten in Betracht. Bei Erreichen der maximalen Amplitude, die durch den maximalen Arbeitshub festgelegt ist, bewirkt der Anker eine Änderung der Stromstärke in den Spulen der Elektromagnete. Diese ist als Steuersignal geeignet, die periodische Erregung zu beenden und den Anker beim erstmaligen oder einem zeitlich späteren Auftreten dieser Stromstärkenänderung in einer der gewünschten Schaltpositionen zu halten.

Eine weitere vorteilhafte Möglichkeit besteht darin, eine vorgegebene, genügend große Anzahl periodischer Erregungen durchzuführen, um mit Sicherheit die maximale Amplitude zu erreichen, und dann den Anker in einer gewünschten Schaltposition festzuhalten.

Bei Startvorrichtungen der gemäß der Erfindung vorgesehenen Art werden über die Elektromagnete periodisch wechselnde Kräfte in einer oder beiden Bewegungsrichtungen des Feder-Masse-Systems ausgeübt, wobei die Kräfte auf den Anker in der statischen Ruhelage des Feder-Masse-Systems derart wirken, daß das System in der Eigenfrequenz anregbar ist.

Werden solche Stelleinrichtungen zur Steuerung des Gaswechsels bei Verdrängermaschinen eingesetzt, so ist zu beachten, daß bei bewegten Kolben der Verdrängermaschine im Gegensatz zu stehenden Kolben durch die Kolbenbewegung Druckdifferenzen an den Schiebern oder Ventilen entstehen, die den Startvorgang behindern können. Für diesen Fall kann für die Inbetriebnahme beider Ventile so verfahren werden, daß ein Ventil in der statischen Ruhelage belassen wird, so daß das Gasvolumen bei der halb geöffneten Stellung entsprechend der Kolbenbewegung ein- und ausströmen kann und keine nennenswerten Druckdifferenzen entstehen, während das zweite Ventil in der erfindungsgemäßen Weise in den betriebsbereiten Zustand bei offener Position gebracht wird. Dadurch bleibt der Gasaustausch unbehindert, so daß anschließend das erste Ventil ebenfalls in der erfindungsgemäßen Weise in den betriebsbereiten Zustand gebracht werden kann. Befindet sich bereits ein Ventil im betriebsbereiten Zustand, so ist dieses in die geöffnete Position zu bringen, bevor das zweite Ventil in der erfindungsgemäßen Weise in den betriebsbereiten Zustand gebracht werden kann.

Die Vorteile einer solchen Startvorrichtung sind in der Reduzierung des Bauaufwandes der Stelleinrichtung bei ungeschmälertem Leistungsvermögen hinsichtlich erreichbarer Hübe, der Schaltfrequenz und der erreichbaren Kräfte der Elektromagneten zu sehen.

Anhand der Zeichnungen werden Ausführungsbeispiele der erfindungsgemäßen Lösung des Startvorganges beschrieben.

Fig. 1 zeigt einen Teilschnitt eines Zylinderkopfes einer Brennkraftmaschine mit innerer Verbrennung zusammen mit einem Blockschaltbild des elektrischen Systems der Ventilbetätigung.

01.03.83

3307070

- 7 -

Fig. 2 zeigt Diagramme der Signalverläufe am Verstärker-  
eingang des elektrischen Systems und der Stromver-  
läufe in den Spulen der zur Ventilbetätigung ver-  
wendeten Elektromagnete.

Fig. 3 ist ein Diagramm zur Darstellung des Schwingungsver-  
laufes der bewegten Massen des Feder-Masse-Systems  
über der Zeit.

Fig. 4 ist ein Teilschnitt eines Zylinderkopfes einer Brenn-  
kraftmaschine mit innerer Verbrennung, bei der sich  
das Feder-Masse-System des Schließventils in Ruhelage  
befindet.

Fig. 5 ist ein Teilschnitt entsprechend Fig. 4 mit geschlosse-  
nem Ventil, so daß der betriebsbereite Zustand erreicht  
ist.

In Figur 1 ist die Startvorrichtung gemäß der Erfindung an  
dem Beispiel einer Brennkraftmaschine mit innerer Verbrennung  
schematisch dargestellt. Eine Steuereinrichtung 1, beispiels-  
weise ein Mikroprozessor, mit Eingang 2 für den Startbefehl  
steuert einen Frequenzgenerator 3 zur Erzeugung der erforder-  
lichen Frequenzen an. Weiterhin steuert sie einen Schalter 4,  
der die Frequenzen des Frequenzgenerators 3 an einen Verstär-  
ker 5 weiterleitet oder diesen mit einem Haltesignal beauf-  
schlagt. Der Verstärker 5 versorgt aus einer Energiequelle 6  
Elektromagneten 7 und 8 der Stelleinrichtung des Ventils.  
Die Elektromagneten 7 und 8 wirken auf Anker 10 mit elektri-  
scher Energie entsprechend den Ansteuersignalen des Schalters 4.  
Von einem Sensor 9 wird dabei eine Information über den Strom-  
verlauf in den Spulen der Elektromagnete 7 und 8 an die Steuer-  
einrichtung 1 gegeben.

Figur 2 zeigt die Signalverläufe am Eingang des Verstärkers 5  
und die Stromverläufe in den Spulen der beiden Elektromagnete  
7 und 8. Linie 11 gibt den Signalverlauf vom Schalter 4 an  
den Verstärker 5 zur Ansteuerung des Elektromagneten 7 wieder.

- 8 -

COPY



U108

3307070

- 8 -

Vor dem Startzeitpunkt  $t_0$  wird die Verstärkerstufe für den Elektromagneten 7 nicht angesteuert. Der Startvorgang wird eingeleitet, indem ab dem Startzeitpunkt  $t_0$  der Elektromagnet 7 für etwa ein Viertel der Schwingungsdauer  $T$  des Feder-Masse-Systems der Stelleinrichtung erregt wird.

Anschließend folgt mit der halben Schwingungsdauer  $T$  die wechselweise Ansteuerung bzw. Nichtansteuerung der Verstärkerstufe für den Elektromagneten 7, wie sie durch den weiteren Verlauf der Linie 11 dargestellt wird. Die Linie 13 zeigt den Stromverlauf in der Spule des Elektromagneten 7, wie er sich aus der Ansteuerung gemäß Linie 11 und der Induktivität des Elektromagneten 7 ergibt. Kurz vor dem Zeitpunkt  $t_1$  ändert sich der Stromverlauf in der Spule des Elektromagneten 7 gegenüber den vorherigen Zyklen durch die Wirkung des Ankers 10, der zum ersten Mal den Elektromagneten berührt, weil die Schwingungsamplituden des Feder-Masse-Systems bis in den Bereich der Schaltpositionen reichen. Die Stromstärke nimmt aufgrund des höheren Energieinhaltes des Elektromagneten kurzzeitig ab. Diese Abnahme der Stromstärke wird von dem Mikroprozessor der Steuereinrichtung 1 als ausreichende Schwingungsamplitude interpretiert. Daraufhin wird die periodische Erregung der Elektromagnete 7 und 8 eingestellt und der Anker 10 an dem vorübergehend konstant erregten Elektromagneten 7 festgehalten. Damit ist die Betriebsbereitschaft der Stelleinrichtung erreicht, so daß die weitere Ansteuerung des Verstärkers 5 nach den Anforderungen der Funktion der Stellvorrichtung vorgenommen werden kann.

Die obige Beschreibung gilt für die Durchführung des Startvorganges unter ausschließlicher Benutzung des Elektromagneten 7. Soll auch der Elektromagnet 8 zur Durchführung des Startvorganges herangezogen werden, so wird ein weiterer Signalverlauf gemäß Linie 14 an den Verstärker geleitet,

- 9 -

COPY {

01.03.88

3307070

- 9 -

der den Elektromagneten 8 mit elektrischer Energie versorgt, so daß sich ein Stromverlauf gemäß Linie 15 im Elektromagneten 8 einstellt. Der Signalverlauf zur Ansteuerung des Elektromagneten 8 ist um die halbe Schwingungsdauer  $T$  gegenüber dem Signalverlauf zur Ansteuerung des Elektromagneten 7 verschoben. Ab dem Zeitpunkt  $t_1$  kann die Ansteuerung des Elektromagneten 8 nach den Anforderungen der Funktion der Stellvorrichtung vorgenommen werden.

Die beschriebenen Funktionen der Elektromagneten 7 und 8 sind untereinander austauschbar.

Figur 3 zeigt den Schwingungsverlauf der bewegten Massen des Feder-Masse-Systems durch die Linie 16 über der Zeit, beginnend mit dem nicht betriebsbereiten Zustand vor  $t_0$ , über die Startphase von  $t_0$  bis  $t_1$  bis zum betriebsbereiten Zustand nach  $t_1$  infolge der Anregung gemäß Figur 2.

Während der Startphase nehmen die Schwingungsamplituden des Feder-Masse-Systems durch die Krafteinwirkung der Elektromagneten über der Zeit  $t$  zu, bis die Auslenkung aus der statischen Ruhelage, die durch die gestrichelte Linie 17 dargestellt ist, so groß ist, daß die maximal möglichen Auslenkungen, die durch die gestrichelten Linien 18 und 19 dargestellt sind, in einer Richtung erreicht werden. Ab diesem Zeitpunkt kann das Feder-Masse-System über den Anker 10 wahlweise von den Elektromagneten 7 oder 8 durch Aufrechterhalten der Stromstärke festgehalten werden. Die Anzahl der Schwingungen bis zum erstmaligen Erreichen der maximalen Amplitude hängt von der jeweiligen Stelleinrichtung ab und ist in den Figuren 2 und 3 beispielhaft mit einer willkürlich angenommenen Schwingungszahl dargestellt.

Figur 4 zeigt die elektromagnetisch arbeitende Stelleinrichtung in der statischen Ruhelage des Feder-Masse-Systems.

- 10 -

COPY

Die Elektromagnete 7 und 8 werden durch Gehäuse 20 in ihrer Position gehalten. Federn 21 und 22 wirken auf die bewegten Massen und stützen sich auf dem Gehäuse 20 ab. Anker 10 und Ventil 23 befinden sich in der statischen Ruhelage.

Figur 5 zeigt die elektromagnetisch arbeitende Stelleinrichtung in einem betriebsbereiten Zustand mit geschlossenem Ventil nach erfolgreich abgeschlossenem Startvorgang.

Aus Fig. 4 ist erkennbar, daß das Ventil 20 sich bei statischer Ruhelage des Feder-Masse-Systems in halb geschlossener Stellung befindet, und dies ist z.B. bei ventilgesteuerten Brennkraftmaschinen mit innerer Verbrennung auch bei den übrigen Ventilen der Fall. Dies hat den Nachteil, daß sich bei längeren Betriebsunterbrechungen unerwünschte Korrosionserscheinungen einstellen können. Gemäß der Erfindung ist daher vorgesehen, daß sich im Ansaug- und/oder Ausschubsystem ein Sperrelement befindet, das beispielsweise durch die Steuereinrichtung 1 so angesteuert wird, daß es bei Stillsetzen der Maschine schließt und bei Inbetriebnahme öffnet.

Die Erfindung ist nicht auf die dargestellten und beschriebenen Ausführungsbeispiele beschränkt. So kann sie auch bei Schiebersteuerungen oder sonstigen Steuerungen angewandt werden, und sie bietet nicht nur bei Motoren, sondern auch bei Kompressoren wesentliche Vorteile. Allgemein ist sie mit Vorteil geeignet für die Inbetriebnahme von Maschinen, bei denen wenigstens ein Funktionselement gegenüber entgegenwirkenden federnden Mitteln durch Kraftwirkungen oder Weganregungen zwischen wenigstens zwei Endpositionen aus einer zwischen diesen Endpositionen befindlichen Ausgangslage oder statischen Ruhelage bewegbar ist.

Anstelle periodischer Kraftwirkungen können auf das System auch periodische Weganregungen ausgeübt werden, die unabhängig von den Reaktionskräften des schwingungsfähigen Feder-Masse-Systems sind, z.B. durch mechanische Mittel, wie Exzenter oder Nocken, die mit entsprechender Drehzahl rotieren, oder durch entsprechende hydraulische Mittel.

- 11 -  
- Leerseite -

01 03 1983

3307070

Nummer:  
Int. Cl.<sup>3</sup>:  
Anmeldetag:  
Offenlegungstag:

33 07 070  
F 01 L 9/04  
1. März 1983  
6. September 1984

- 15 -

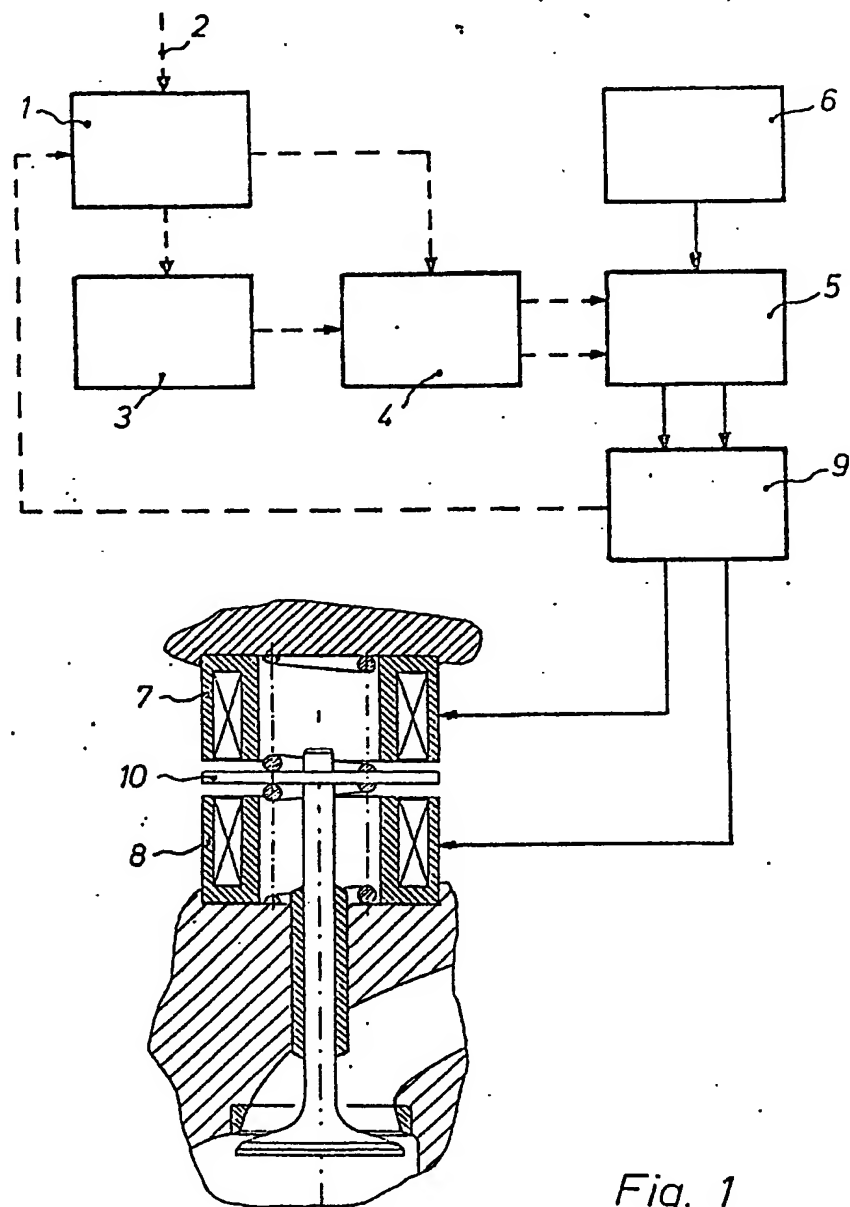


Fig. 1

01-1-83

3307070

- 12 -

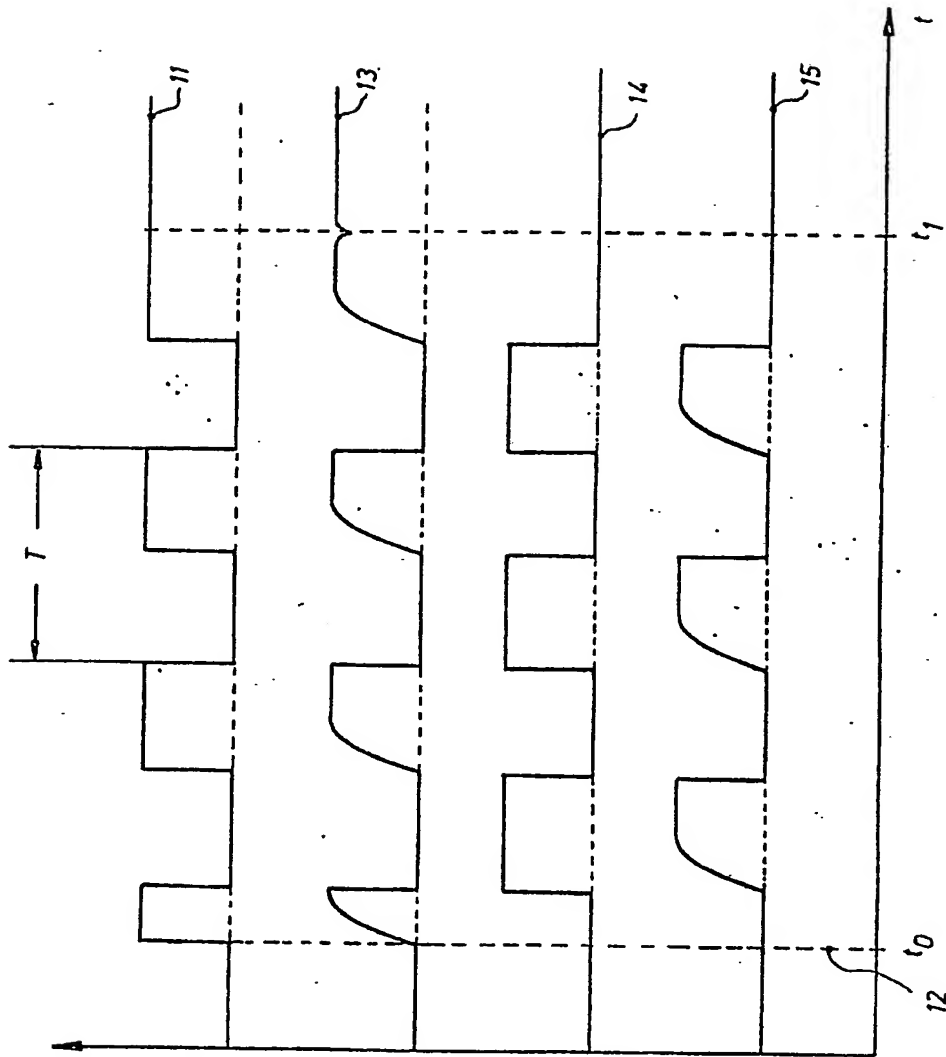


Fig. 2

01.03.83

3307070

13

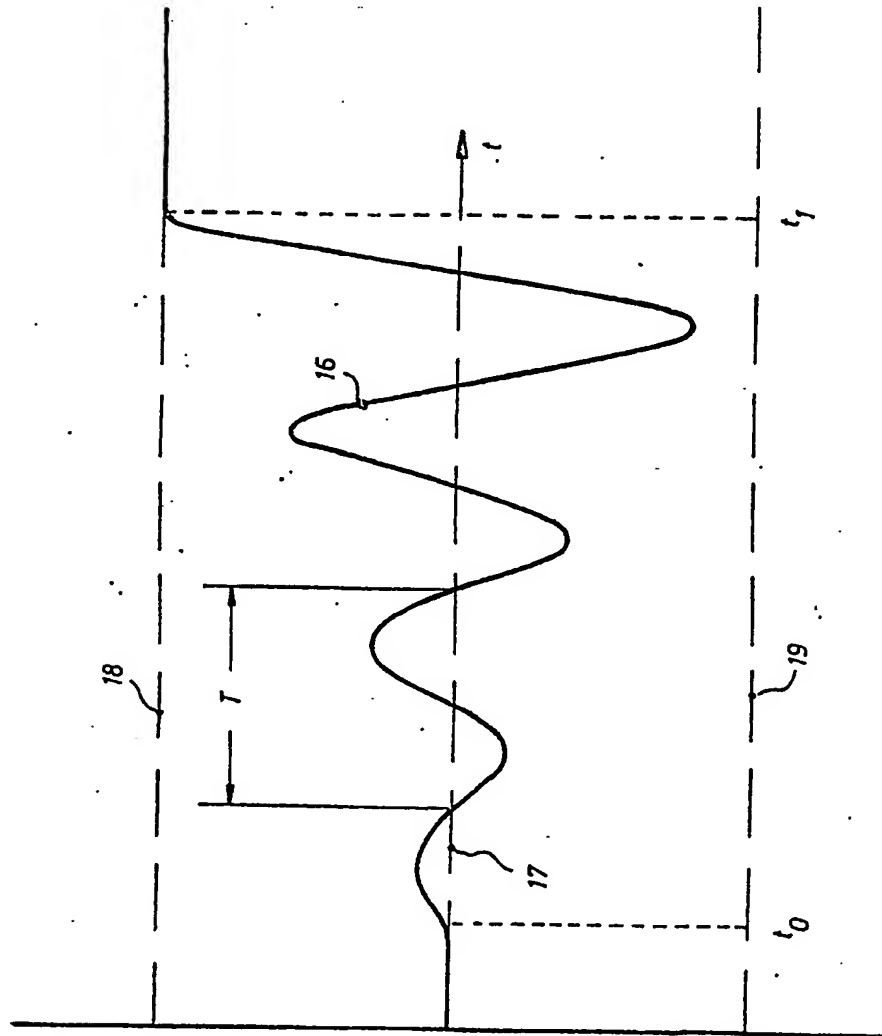


Fig. 3

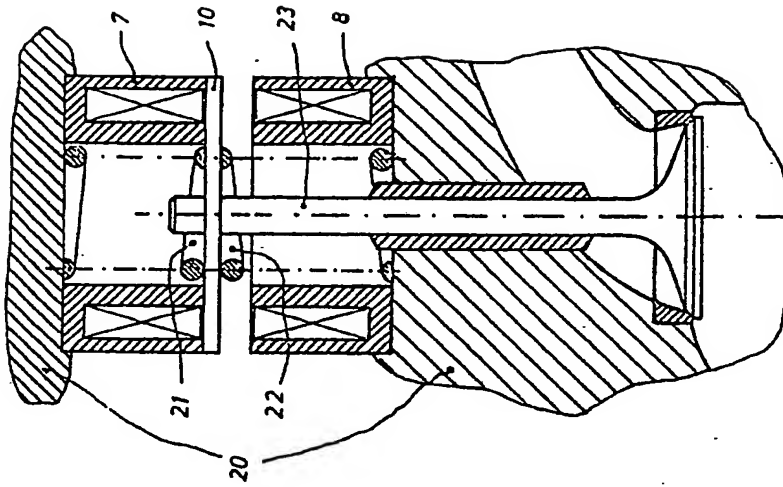


Fig. 5

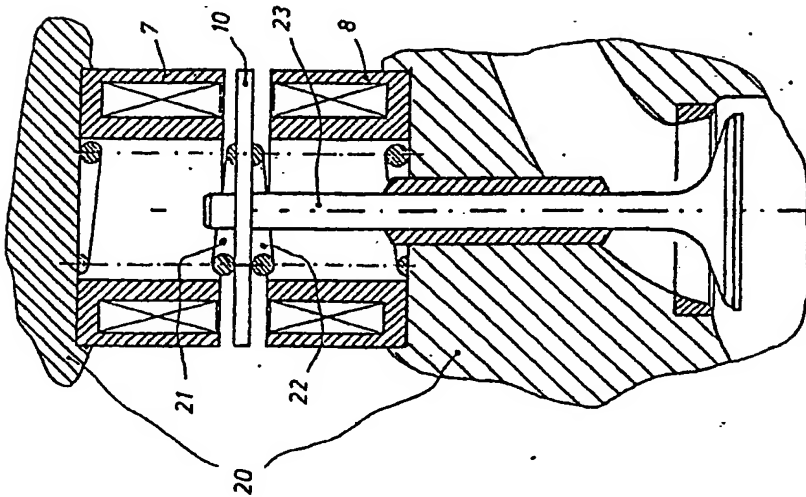


Fig. 4